



Società Autostrada Tirrenica p.A.

GRUPPO AUTOSTRADALE PER L'ITALIA S.p.A.

**AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA**

**LOTTO 5B**

**TRATTO: FONTEBLANDA – ANSEDONIA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE NAZIONALE**

**AU-CORPO AUTOSTRADALE**

**IDROLOGIA E IDRAULICA**

**SISTEMA DI DRENAGGIO CORPO AUTOSTRADALE**

**RELAZIONE IDROLOGICO IDRAULICA**

**IL PROGETTISTA SPECIALISTICO**

Ing. Paolo De Paoli  
Ord. Ingg. Pavia N. 1739

**RESPONSABILE UFFICIO IDR**

**IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. Alessandro Alfì  
Ord. Ingg. Milano N. 20015

**CAPO PROGETTO**

**IL DIRETTORE TECNICO**

Ing. Massimiliano Giacobbi  
Ord. Ingg. Milano N. 20746

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO							DATA:	REVISIONE	
	DIRETTORIO			FILE					n.	data
—	codice	commessa	N.Prog.	unita'	ufficio argomento	n. progressivo	Rev.			
—	12	12	14	09	—	—	IDR0100	—	—	

SCALA:

	<b>COORDINATORE GENERALE INIZIATIVA SAT</b> Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 <b>CAPO COMMESSA</b>	<b>ELABORAZIONE GRAFICA</b> A CURA DI :	
	<b>CONSULENZA A CURA DI :</b>	<b>ELABORAZIONE PROGETTUALE</b> A CURA DI :	
		<b>IL RESPONSABILE UNITA' :</b>	

**VISTO DEL COMMITTENTE**



**VISTO DEL CONCEDENTE**



**Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**  
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE  
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

## SOMMARIO

1. Premessa .....	2
2. Descrizione delle opere .....	4
3. Idrologia.....	6
4. Determinazione delle portate di progetto.....	11
5. Sistemi di drenaggio del corpo stradale .....	13
Requisiti prestazionali .....	13
Schema di drenaggio .....	13
Trattamento delle portate autostradali .....	20
6. Determinazione della capacità di smaltimento degli elementi di drenaggio .....	25

## 1. Premessa

Il Lotto 5B dell'Autostrada A12 Rosignano-Civitavecchia ha come obiettivo l'adeguamento a sezione autostradale della S.S.1 Aurelia dal km 160+254.31 della S.S.1 Aurelia alla progressiva km 136+371.54, per una lunghezza complessiva di circa 24 km.

In particolare la presente relazione riferimento alle linee guida con cui si intende procedere al dimensionamento delle opere di drenaggio del corpo autostradale.

Il tratto in esame, che si sviluppa prevalentemente in rilevato, interseca lungo il suo tracciato numerosi corsi d'acqua, con manufatti di attraversamento le cui dimensioni sono generalmente funzione dell'importanza del corso d'acqua attraversato.

Il nuovo tracciato autostradale ha inizio a tergo del corso d'acqua definito "Collettore Orientale", posto immediatamente a Est della nuova infrastruttura, sul quale sono previsti interventi per il riequilibrio idraulico dell'intero bacino a carico della Regione Toscana; l'interferenza con il suddetto corso d'acqua viene risolta mediante un attraversamento su ponte dalle Pk 0+909 alla Pk 0+934.

Successivamente si sviluppa il nuovo svincolo di Talamone-Fonteblanda alla Pk 1+868 in cui trova localizzazione il cavalcavia di attraversamento. Il tracciato prosegue sino ad essere in galleria denominata "Fonteblanda" dalla Pk 2+800 alla Pk 2+900. Ulteriore opera di specifico interesse per il contesto idraulico-territoriale è il successivo ponte su Torrente Osa dalla Pk 3+500 alla Pk 4+300 in cui saranno previsti interventi di protezione delle pile dove queste interferiscono con l'idrografia esistente.

In prossimità della progressiva Pk 6+000 l'autostrada in rilevato, già in affiancamento alla rete ferroviaria Roma-Pisa, sul lato est si affianca all'argine della cassa di espansione su fiume Albegna, in progetto da parte della Regione Toscana, e denominata "Campo Regio".

Il tratto autostradale successivo al ponte sul fiume Albegna e lo svincolo di Albinia interessa l'area identificabile come "zona Guinzone" Pk 11+000 in cui il rilevato autostradale data la conformazione topografica dell'area avrà caratteristiche di trasparenza idraulica così da non rappresentare ostruzione al deflusso delle acque ed aggravare le condizioni di sofferenza idraulica dell'area.

Il tracciato prosegue in direzione Sud con una successione di nodi viari quali il sottovia S.S. 1 Aurelia, le rampe di collegamento con la S.S. 1 Aurelia e lo svincolo di Orbetello-Monte Argentario.

In corrispondenza del nuovo svincolo di Orbetello-Monte Argentario, l'asse autostradale si sviluppa in galleria "Galleria Orbetello Scalo" dalla Pk 17+430 alla Pk 17+920; anche questo tratto si inserisce nel quadro degli interventi previsti dalla regione per il riassetto idraulico del territorio e nello specifico sarà previsto un intervento di regimazione delle portate afferenti al tracciato in galleria e collettate esternamente alla stessa, prevedendo eventuali adeguamenti del reticolo di bonifica ricettore a valle, lato ovest dell'asse autostradale. Il tracciato in ultimo procede in direzione Civitavecchia fino a raggiungere il nodo viario identificato dallo svincolo Ansedonia.

Aspetto di particolare importanza nell'ottica di gestione e regimazione delle acque di piattaforma è l'aspetto qualitativo delle stesse che, anche in osservanza delle indicazioni contenute nella L.R. 20/2006 - Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento art 8. comma 2, viene soddisfatto predisponendo idonei sistemi di trattamento lungo tutto l'asse principale così come nelle rampe di svincolo, prima di essere immesse nei ricettori finali.

Sistema di drenaggio - Relazione idrologico idraulica	Pagina 3 di 42
IDR100	

## 2. Descrizione delle opere

La raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale sono realizzati mediante un sistema di embrici, fossi di guardia, cunette triangolari, canalette grigliate, canalette in c.a. per galleria e canalette rettangolari in c.a. fra autostrada e complanare, il tutto integrato da una rete di collettori aventi diametro variabile in funzione delle esigenze idrauliche.

Il sistema di drenaggio adottato per il lotto in oggetto prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici (sia elementi puntuali come i manufatti sedimentatori-disoleatori o lineari come i fossi filtro) prima dello scarico nei corpi idrici recettori in modo da realizzare un "sistema chiuso", tale da ottenere una separazione delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma stradale da quelle esterne, garantendo così la salvaguardia nei confronti dell'inquinamento corrente e accidentale.

Nei tratti in cui il corpo stradale si sviluppa in rilevato, le acque meteoriche vengono canalizzate e allontanate dalla sede stradale mediante una sezione defluente costituita dal cordolo a lato piattaforma e dalla piattaforma stessa. Le acque raccolte sono poi convogliate verso il primo embrice disponibile con modalità variabile in funzione della livelletta stradale, dalla quale dipende anche l'interasse fra un embrice e l'altro. Questi embrici recapitano poi nei fossi filtro posti al piede della scarpata.

I fossi di guardia presentano sezione trapezia o rettangolare aperta (comunemente detta ad "U") e vengono utilizzati sia quando la sezione stradale è in rilevato o in sterro. Nel primo caso questi fossi, posti al piede della scarpata, servono a raccogliere le acque che scendono dal rilevato, trattarle e a convogliarle verso il recapito finale più vicino; in presenza di tratti in trincea, sono utilizzati invece per intercettare e raccogliere le acque provenienti dal versante soprastante la carreggiata, evitando così che vadano a interessare quest'ultima. I fossi di guardia per i tratti con piattaforma autostradale in rilevato sono generalmente realizzati in terra e piantumati con idonee essenze per assolvere la funzione di "filtro".

Nei tratti con sviluppo in trincea o sotto i muri di controripa, l'acqua della carreggiata viene raccolta da una cunetta a sezione triangolare posta a bordo strada, convogliata nell'apposito tubo sottostante per mezzo di pozzetti grigliati disposti a interasse variabile lungo lo sviluppo della cunetta stessa e poi conferita nei fossi di guardia appena le quote altimetriche lo consentono. In questo caso la cunetta, oltre a ricevere le acque provenienti dalla piattaforma

autostradale, raccoglie anche quelle provenienti dalla scarpata soprastante, per una fascia variabile in funzione della naturale inclinazione del bacino dominante e dell'ubicazione delle canalizzazioni di protezione presenti a monte. In particolare, lungo l'asse principale autostradale è stata utilizzata una cunetta denominata CT2, che ha una larghezza lorda pari a 103 cm. Diversamente, nelle viabilità interferite e lungo le complanari viene utilizzata una cunetta triangolare di dimensioni ridotte, detta CT1, che presenta una larghezza lorda pari a 76 cm.

Nei tratti in curva, la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche avviene in corrispondenza dello spartitraffico mediante una canaletta grigliata (CGR) coadiuvata da un collettore dedicato, in cui recapita in corrispondenza di pozzetti posti a interasse variabile.

La stessa canaletta grigliata è utilizzata per la raccolta e lo smaltimento delle acque nei tratti con muri di sostegno e con sezione in rilevato in presenza di un sistema "chiuso", in modo tale da poter intercettare le acque di piattaforma. Nell'area interclusa tra la carreggiata autostradale e quella della complanare è previsto invece come sistema di raccolta e smaltimento l'utilizzo di una canaletta rettangolare in c.a. di dimensioni 60x100 cm.

Il sistema di drenaggio della piattaforma in viadotto è invece dotato di caditoie a bocchettone disposte a interasse variabile: l'acqua raccolta viene poi convogliata all'interno di tubazioni sub-orizzontali correnti in PRFV staffate all'impalcato e trasportata fino al punto di recapito previsto. Tale sistema, nel tratto autostradale in esame, è stato utilizzato per raccogliere le acque in corrispondenza dei nuovi ponti sui fiumi Osa ed Albegna, in modo tale da impedire lo sversamento delle stesse all'interno del corso d'acqua.

Infine, anche nel caso delle complanari, verrà realizzato un "sistema chiuso", prevedendo uno specifico trattamento delle acque di prima pioggia prima di recapitare nei canali ricettori rappresentato da manufatti di sedimentazione e disoleazione o dai fossi filtro.

### 3. Idrologia

L'elaborazione delle curve di pioggia è stata effettuata sulla base dei contenuti dello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme - LSPP - Aggiornamento al 2012" – effettuato in seguito alla collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012. All'interno di tale collaborazione, si è "proceduto all'implementazione e ad un aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico del territorio toscano; si è inoltre provveduto ad effettuare un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso (<http://www.sir.toscana.it/lssp-2012>)". L'analisi ha permesso la definizione di mappe raster con maglie di 1 km x 1 km riportanti i valori "a" ed "n" delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni). L'elaborazione ha riguardato le altezze di pioggia massime giornaliere per diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore) su circa 800 stazioni del territorio toscano. Le analisi hanno considerato i dati disponibili dal 1916 fino al 2012. Si riportano, a titolo di esempio, le distribuzioni dei parametri "a" e "n" per i tempi di ritorno di 50 anni (Figura 1) ottenuti all'interno della collaborazione Regione Toscana e Università di Firenze.

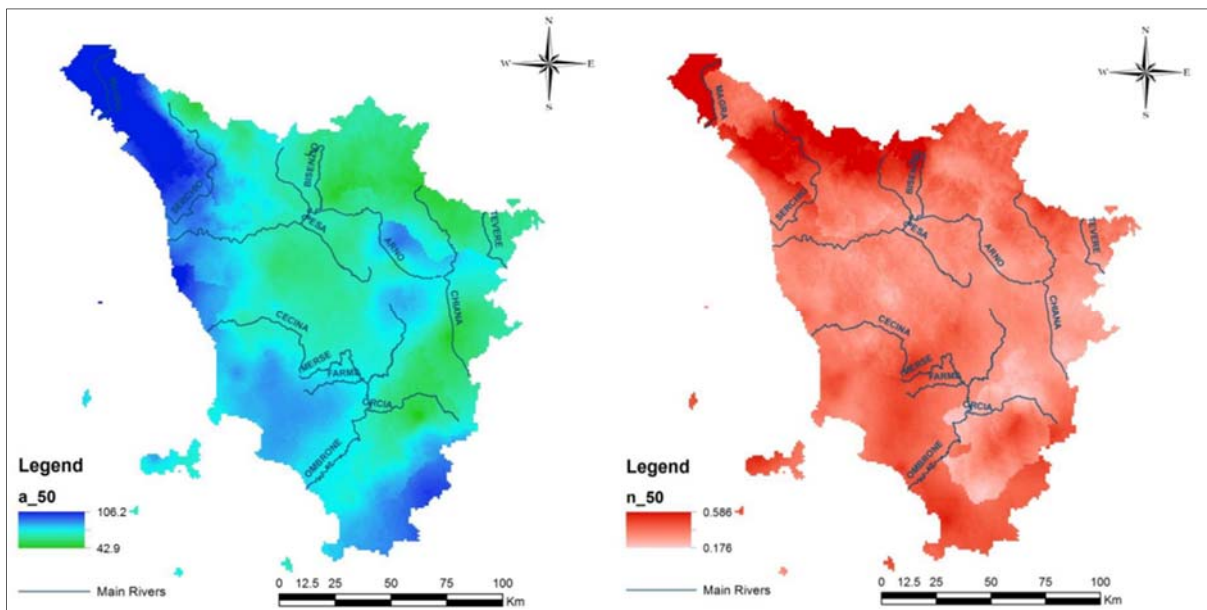


Figura 1 – Rappresentazione sull'intera Regione dei parametri "a" ed "n" delle curve di possibilità pluviometrica per il tempo di ritorno di 50 anni (fonte: "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme - LSPP - Aggiornamento al 2012" – collaborazione tra la Regione Toscana e l'Università di Firenze - <http://www.sir.toscana.it/lssp-2012>).

Nella progettazione dei sistemi di drenaggio è necessario fare riferimento agli eventi meteorici di breve durata: nel caso specifico essi sono commisurati al tempo di risposta relativamente breve (in genere largamente inferiore all'ora) dei bacini e sottobacini in cui la superficie drenata è stata suddivisa.

Pertanto, partendo dalle curve di possibilità pluviometrica ottenute per  $t > 1$  h, è stato necessario, applicando una nota metodologia proposta in letteratura (AAVV, *Sistemi di fognatura, Manuale di progettazione, 1997, ed. HOEPLI*), estendere il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica anche alle durate di pioggia inferiori all'ora partendo dalle serie storiche di dati disponibili che comprendono unicamente altezze di pioggia registrate per durate superiori all'ora.

In particolare, il sopraccitato metodo parte dall'osservazione che i rapporti  $r_\delta$  fra le altezze di pioggia di durata  $\delta$  inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località (Bell 1969, - *Generalized rainfall duration frequency relationships, Journal of Hydraulic Div., ASCE, 95(1), 311-327*).

Per le finalità del presente studio si è quindi ritenuto legittimo fare riferimento alla procedura classica introdotta da Bell 1969 che esprime attraverso un coefficiente  $r_\delta$  i rapporti dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata  $\delta$  rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria  $h_{1ora}$ . In particolare, Bell 1969 definisce la quantità  $r_\delta$  secondo la seguente legge:

$$r_\delta = 0.54\delta^{0.25} - 0.5 \quad (1)$$

Attraverso essa è possibile ricavare i valori del coefficiente correttivo da introdurre nella valutazione delle piogge critiche di durata inferiore all'ora. Tale metodologia è stata adottata poiché le curve di possibilità pluviometrica fornite dalla Regione Toscana sono state ottenute mediante l'elaborazione delle piogge intense aventi durata superiore o uguale all'ora, ma i tempi di corrivazione per il calcolo del drenaggio della piattaforma autostradale sono largamente inferiori all'ora.



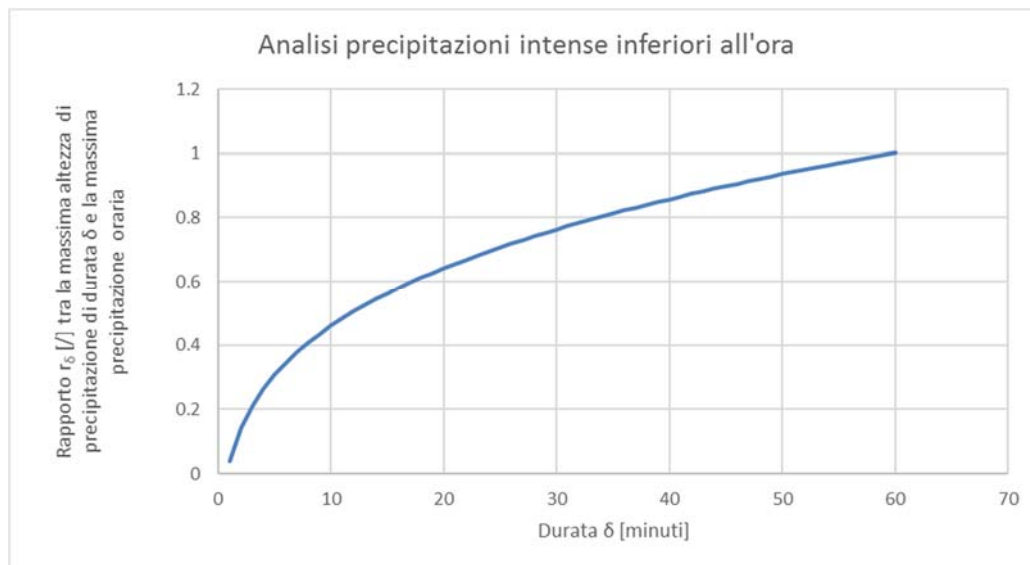


Figura 2 – Rappresentazione dei punti e della relativa curva di interpolazione per ottenere le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

I coefficienti “a” ed “n” delle CPP delle precipitazioni di progetto di durata notevolmente inferiore all'ora, sono state determinate nel seguente modo:

1. in ambiente GIS, è stato realizzato un buffer di larghezza 700 m dell'asse principale del rilevato autostradale. Da questo è stata ottenuta una “maschera” raster con maglia 1 km x 1 km;
2. le mappe raster dei diversi valori “a” ed “n” delle CPP fornite dalla Regione Toscana sono state “tagliate” in corrispondenza della maschera raster ottenuta al punto precedente (un esempio di risultato è riportato in Figura 3). Attraverso tali mappe, a parità di tempo di ritorno, incrociando i valori di “a” ed “n”, è possibile calcolare su ogni cella di 1 km x 1 km l'altezza di precipitazione (di durata uguale o maggiore ad 1 ora) afferente su una porzione della piattaforma autostradale;
3. a titolo cautelativo, per il calcolo delle portate di progetto deputate al drenaggio del rilevato autostradale, è stata utilizzata la cella che produce l'altezza di precipitazione oraria maggiore. Tale cella può variare in funzione del tempo di ritorno;
4. per tutti i tempi di ritorno considerati, ai valori di pioggia oraria precedentemente ricavati, è stata applicata la metodologia proposta da Bell. In questo modo si sono definiti i coefficienti “a” ed “n” delle precipitazioni estreme di durata inferiore all'ora. La metodologia di Bell, come illustrato in precedenza, riduce le piogge orarie di quantità

fisse dipendenti esclusivamente dalla durata, ma non dal valore della precipitazione oraria o dal tempo di ritorno. Applicare tale metodologia alla cella che produce la precipitazione oraria “maggiore” (determinata al punto precedente) significa ottenere anche la precipitazione “maggiore” di durata inferiore all’ora.

Tale procedura è stata effettuata per tutti i tempi di ritorno considerati (20, 30, 50, 100 e 200 anni).

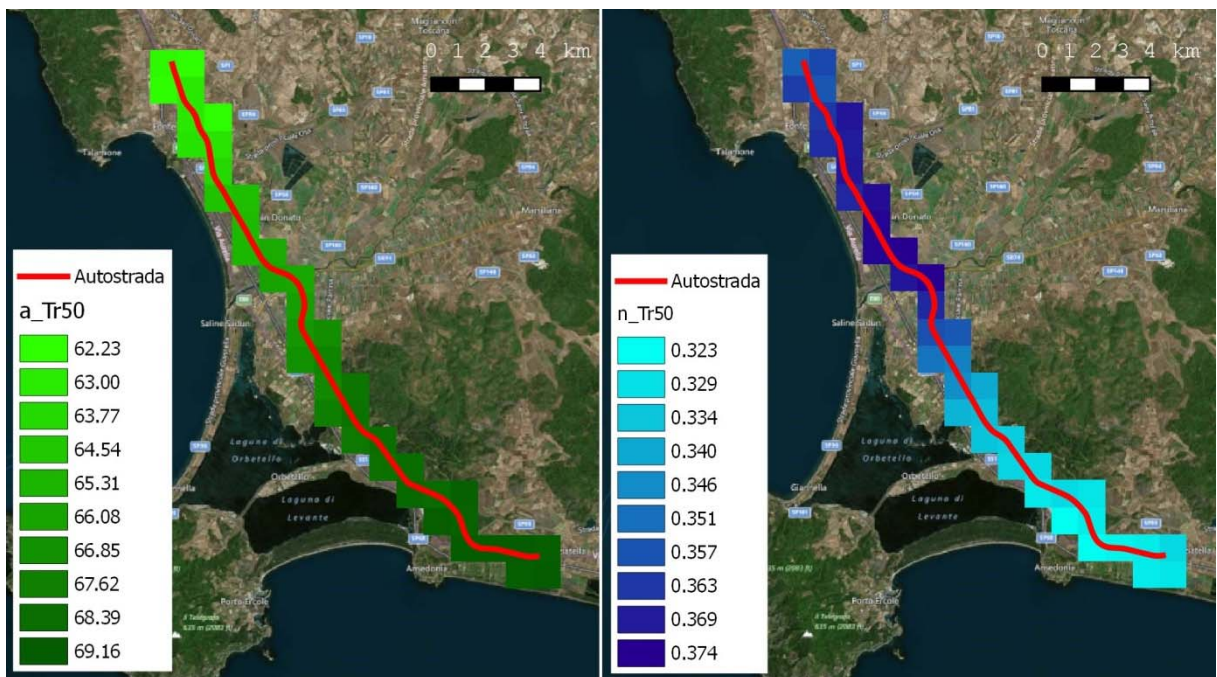


Figura 3 – Esempio di elaborazione delle mappe raster fornite dalla Regione Toscana (<http://www.sir.toscana.it/lsp-2012>) per la determinazione delle precipitazioni di progetto per le opere deputate al drenaggio della piattaforma autostradale. Le mappe raster fornite dalla Regione Toscana sono state “tagliate in un intorno” della piattaforma autostradale.

Di seguito si riporta il calcolo effettuato per i diversi tempi di ritorno. Le curve di possibilità climatica adottate per il dimensionamento delle opere deputate al drenaggio della piattaforma autostradale sono riportate in Tabella 1 per i diversi tempi di ritorno. Poiché la mappa raster con  $Tr=25$  anni non è disponibile, i parametri delle CPP per questo tempo di ritorno, sono stati determinati tramite interpolazione.

Tabella 1 – Parametri a ed n delle curve di possibilità pluviometrica.

Tr [anni]	Curve di possibilità pluviometrica			
	t < 1 ora		t >= 1 ora	
	a	n	a	n
	[mm h <sup>-n</sup> ]	[/]	[mm h <sup>-n</sup> ]	[/]
20	65.21	0.58	58.10	0.28
25	68.38	0.58	60.93	0.29
30	70.79	0.58	63.07	0.30
50	77.99	0.58	69.49	0.32
100	88.06	0.58	78.46	0.34
200	98.45	0.58	87.72	0.36

## 4. Determinazione delle portate di progetto

Una volta effettuata la stima dei parametri “a” ed “n” delle curve di possibilità pluviometrica, si è proceduto al calcolo della massima portata al colmo di piena. Tale stima è stata condotta con il Metodo Razionale (o cinematico). Esso rappresenta un procedimento semplice ed efficace per il calcolo della portata al colmo Q per assegnato tempo di ritorno TR in base alle curve di possibilità pluviometriche adottate.

Utilizzando questa metodologia di calcolo, alle piene sintetiche si attribuisce implicitamente lo stesso tempo di ritorno delle precipitazioni che le hanno generate.

$$Q = \frac{\varphi \cdot i \cdot A}{3600000} \quad (2)$$

dove:

- Q è la portata massima [m<sup>3</sup>/s];
- A è la superficie del bacino [m<sup>2</sup>];
- $\varphi$  è il coefficiente di deflusso [/];
- i è l'intensità di precipitazione [mm/h] corrispondente a una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione  $t_c$  [ore] e dipendente dal tempo di ritorno Tr.

Il coefficiente  $\varphi$  è un parametro compreso tra 0 ed 1, tramite il quale si tiene globalmente conto del complesso delle perdite del bacino (infiltrazione nel terreno, ritenzione nelle depressioni superficiali) a causa delle quali la portata al colmo è minore della portata di pioggia. Questo è stato determinato operando la media pesata dei coefficienti attribuiti a ciascuna tipologia di superficie che costituisce ciascun bacino. Relativamente al drenaggio di piattaforma, la stima del tempo di corrivazione (che coincide con la durata di pioggia critica per il bacino) si determina mediante la seguente formula:

$$t_c = t_a + t_r \quad (3)$$

dove  $t_c$  è la durata critica di pioggia;  $t_a$  è il tempo di entrata in rete, ossia il tempo massimo necessario alle gocce d'acqua per raggiungere la rete di drenaggio dal punto di caduta (il

tempo di entrata è funzione, generalmente, della densità della rete di drenaggio e della natura delle superfici scolanti); infine  $t_r$  è il tempo di traslazione lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo (“asta principale”). Per la stima dei tempi di entrata alla rete di drenaggio  $t_a$ , per quanto riguarda una superficie pavimentata, si è applicata la seguente formula proposta dalla Federal Aviation Administration:

$$t_a = 3.26(1.1 - C) + \frac{L_{eff}^{0.5}}{s_e^{1/3}} \quad (4)$$

dove:

- $s_e$  rappresenta la pendenza della strada lungo la linea di corrente ricavata come risultante delle pendenze trasversali e longitudinali  $s_t$  e  $s_l$
- $L_{eff}$  rappresenta la lunghezza del percorso dell’acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata;  $L_{eff}$  può essere calcolato sulla base della seguente formula:

$$L_{eff} = L_0 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{s_l}{s_t} \right)^2 \right]^{0.5} \quad (5)$$

- dove  $L_0$  rappresenta la larghezza della falda
- $C$  coefficiente di deflusso

Il tempo di traslazione  $t_r$  alla generica sezione può essere valutato con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i} \quad (6)$$

dove:

- $N$  rappresenta il numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell’asta principale;
- $l_i$  la lunghezza del tronco i-esimo;
- $v_i$  la velocità del tronco i-esimo.

## 5. Sistemi di drenaggio del corpo stradale

### Requisiti prestazionali

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione autostradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si incontrano nello studio della rete drenante e devono soddisfare due requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque meteoriche evitando il formarsi di ristagni sulla pavimentazione autostradale; questo si ottiene assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- convogliare, ove necessario, tutte le acque raccolte dalla piattaforma nei fossi filtro o ai punti di recapito presidiati, separandole dalle acque esterne che possono essere portate a recapito senza nessun tipo di trattamento.

### Schema di drenaggio

Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche che ricadono sulla superficie stradale e sulle superfici ad esso afferenti, inviandole quindi nei recapiti esistenti con caratteristiche tali da essere compatibili, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, con il recapito stesso. Pertanto prima dello smaltimento nei recapiti naturali o artificiali esistenti potrà essere necessario convogliare l'acqua in punti di controllo, ossia in presidi idraulici tali da rendere le acque raccolte idonee allo scarico.

Gli elementi utilizzati per il sistema di drenaggio possono essere suddivisi in base alla loro funzione; in particolare si ha:

Sistema di drenaggio - Relazione idrologico idraulica	Pagina 13 di 42
IDR100	

Funzione	Componente	Tipologia	T <sub>R</sub> progetto
Raccolta	elementi idraulici marginali	embrici caditoie canalette grigliate cunette triangolari	25 anni
Convogliamento	canalizzazioni	fossi di guardia collettori	50 anni
Recapito	compatibilità con ricettori diretti o presidiati	corsi d'acqua naturali cavi/fossi irrigui sottosuolo presidi idraulici	100 anni

Come si vede dalla tabella precedente, a seconda della funzione del sistema di drenaggio, si utilizza un Tempo di Ritorno diverso per il dimensionamento dello stesso.

Gli elementi di drenaggio da inserire sull'infrastruttura dipendono strettamente dal tipo di sezione su cui sono posti. Questi si possono suddividere in due macro categorie: sezioni correnti dell'infrastruttura e sezioni singolari (aree di servizio, di esazione, ecc.).

Le sezioni correnti dell'infrastruttura si dividono a loro volta, per caratteri costruttivi, in:

- sezioni in rilevato;
- sezioni in trincea;
- sezioni in ponte/viadotto;
- sezioni in galleria.

Nei tratti in rilevato la raccolta delle acque dalla piattaforma stradale avviene attraverso l'uso di embrici (*Figura 4*). Questi ultimi immettono le acque all'interno dei fossi filtro posizionati a bordo strada.

Nel punto di scarico dell'embrice si provvede a rivestire il fosso in CLS per evitarne l'erosione.

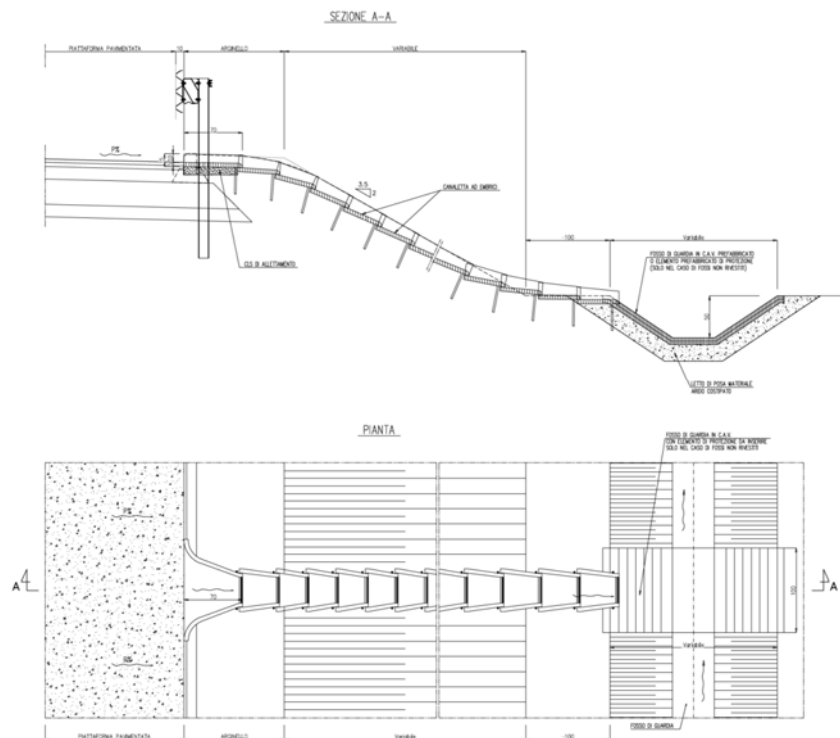


Figura 4 – Embrice e immissione nel fosso laterale.

Nei tratti in cui l'Autostrada è affiancata da complanari la raccolta dell'acqua di piattaforma sarà realizzata attraverso canali rettangolari prefabbricati in cls alimentati attraverso degli elementi di imbocco, posti a distanza regolare sul cordolo di bordo strada e, attraverso collettori circolari in PEAD corrugati, immetteranno le acque all'interno dei fossi filtro.



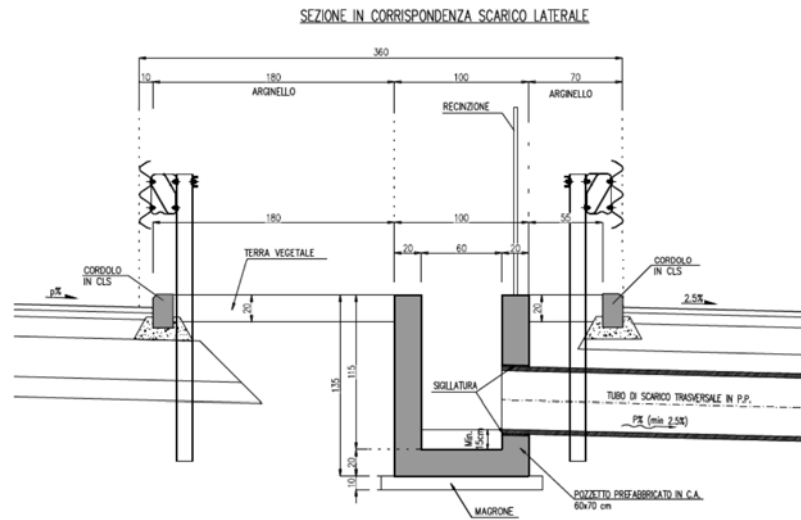


Figura 5 – Raccolta dell'acqua di piattaforma con complanare laterale.

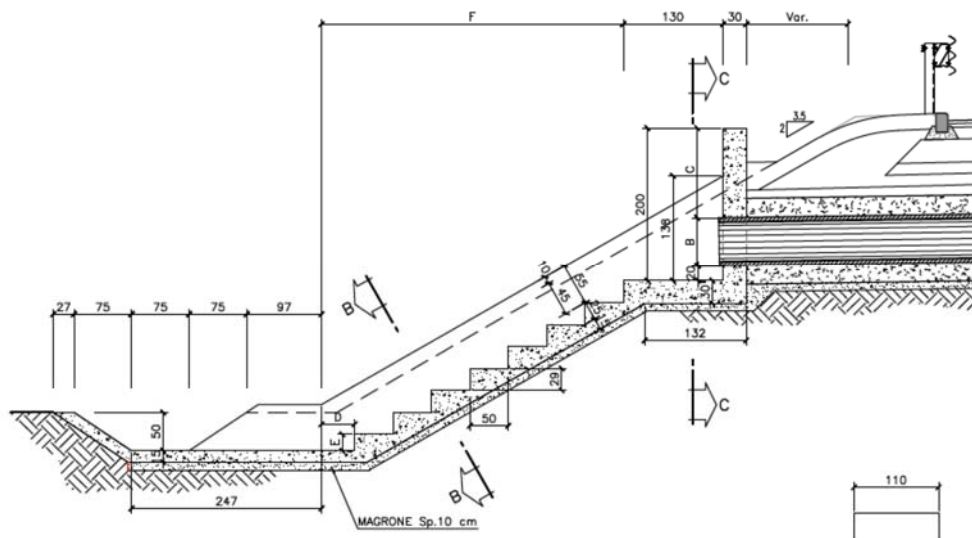


Figura 6 – Sezione di immissione della tubazione nel fosso laterale.

Nei tratti stradali in rilevato nei quali non è possibile realizzare gli embrici per smaltire le acque di piattaforma si adotta la canaletta in PEAD continua posta al margine esterno della carreggiata con tubo sottostante.

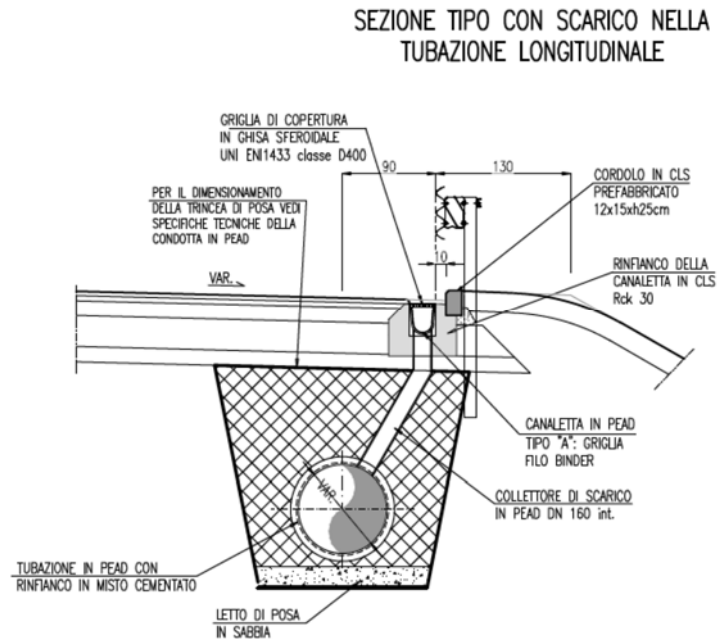


Figura 7 – Sezione di canalina e tubo sottostante per la raccolta delle acque di piattaforma.

Negli svincoli si adotta il trattamento delle acque di piattaforma o tramite fossi filtro o tramite sedimentatori/disoleatori.

Quando l'area esterna drena i campi verso l'autostrada e la sua estensione è superiore a 100 metri si adotta un doppio fosso: il fosso filtro per l'autostrada e il fosso di guardia, adeguatamente dimensionato, per le acque esterne.

Nei tratti in trincea le acque della piattaforma stradale vengono raccolte attraverso cunette triangolari in C.A.V. collocate lungo il bordo e, ad intervalli regolari, si ha la presenza di caditoie in ghisa con griglia di dimensioni 60x60 cm che immettono le acque nella tubazione sottostante.

La cunetta triangolare, oltre a ricevere le acque provenienti dalla piattaforma, raccoglie anche le acque provenienti dalla scarpata per una fascia variabile in funzione della naturale inclinazione del bacino dominante e dell'ubicazione delle canalizzazioni di protezione presenti a monte.

All'esterno delle sezioni in trincea si adotta un fosso di guardia posto in sommità alla trincea stessa con la funzione di raccogliere l'acqua che viene dal versante sovrastante, onde evitare

che questa scenda lungo la trincea erodendola o che possa addirittura arrivare sulla piattaforma stradale. Il tempo di ritorno di progetto è di 50 anni anche per questi fossi.

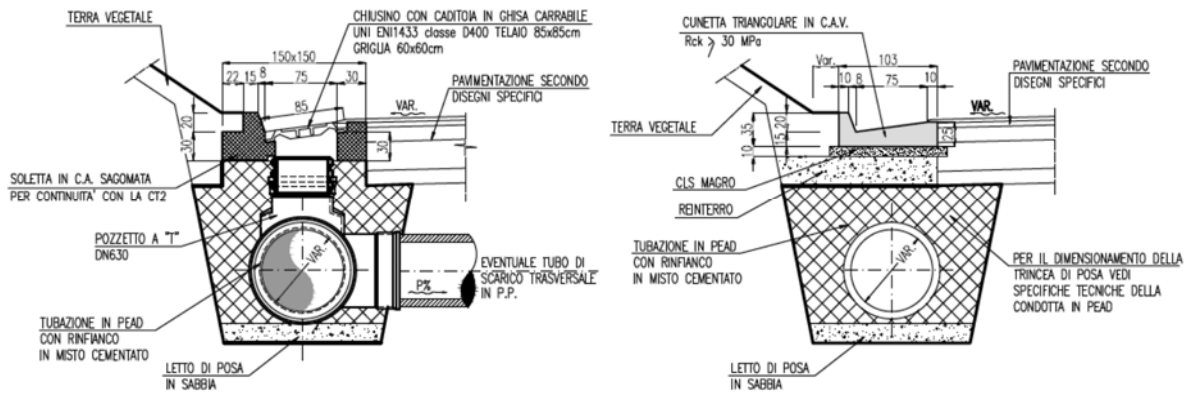


Figura 8 – Cunetta triangolare con caditoia di raccolta.

Nei tratti in curva, la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche avviene in corrispondenza dello spartitraffico mediante una canaletta con griglia con sottostante un collettore in cui recapita in corrispondenza dei pozzetti posti ad interasse variabile (Figura 9).

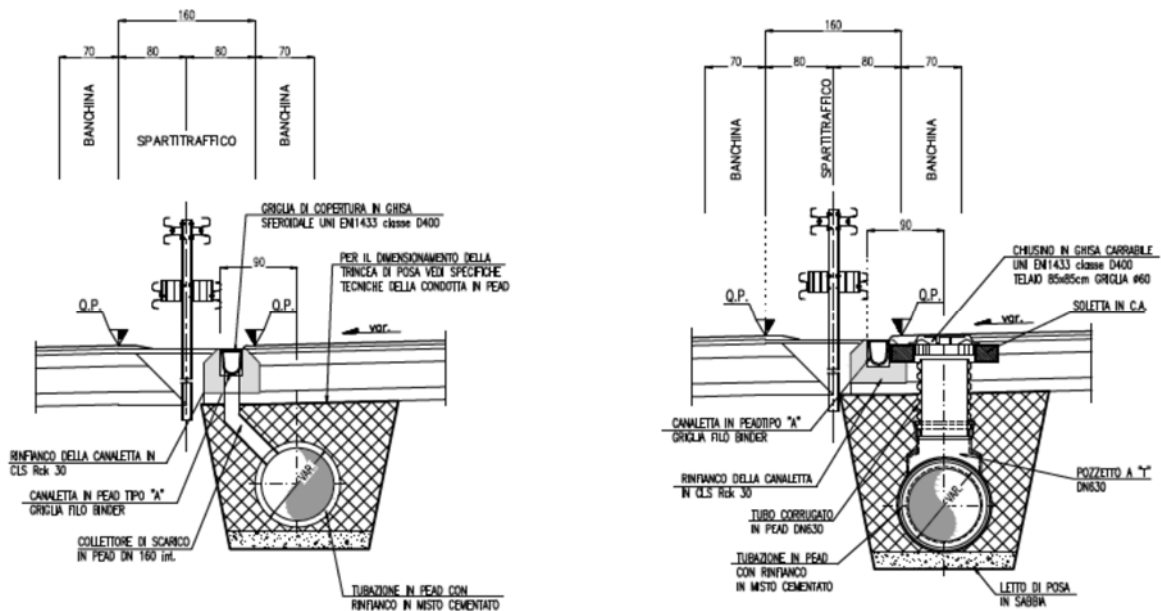


Figura 9 – Raccolta delle acque in corrispondenza dello spartitraffico.

Il sistema di drenaggio della piattaforma in viadotto è dotato di caditoie a bocchettone disposte ad interasse variabile. L'acqua raccolta viene poi convogliata all'interno di tubazioni sub-orizzontali correnti in PRFV staffate all'impalcato che la trasporteranno fino al termine del tratto in viadotto. Prima del recapito sarà poi previsto un sistema di trattamento di sedimentazione/disoleazione (Figura 13).

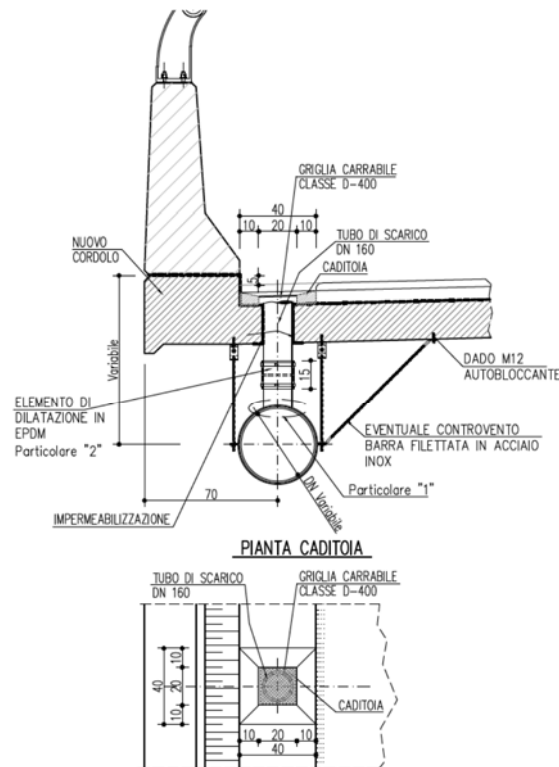


Figura 10 – Raccolta delle acque in viadotto.

In galleria è prevista la raccolta dei liquidi versati sulla piattaforma stradale attraverso una canaletta in CLS, la cui ispezione sarà garantita dalla predisposizione di pozzetti.

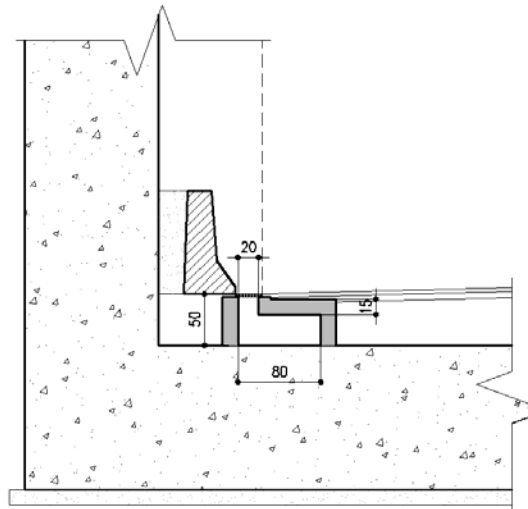


Figura 11 – Raccolta delle acque in galleria.

## Treatment of highway runoff

An important component of the meteoric water drainage system is the quantitative and qualitative control.

The reference norm is the Toscana Region Law n.20 of 31/05/2006 "Norms for the protection of water from pollution".

Article 8 of this law intends to regulate the discharge of first rainwater and meteoric water diluted with contaminated water. Paragraph 2 specifies as follows:

*The discharge of AMPP (Acque Meteoriche di Prima Pioggia) deriving from public areas outside the public sewerage is allowed and does not require authorization for discharge. Suitable treatments of AMPP, where necessary to reach and/or maintain the quality objectives, for motorways and main extra-urban roads of new realization and in the case of extraordinary upgrades.*

Based on the content of the L.R. 20/2006, a closed drainage system has been adopted for the entire lot under examination. The type of hydraulic facility adopted varies according to the vulnerability of the receiving point and the presence of specific areas of the track where there is a higher concentration of pollutants on the platform.

In funzione delle caratteristiche dell'idrografia interferita e della strada stessa per controllare gli aspetti qualitativi verranno adottati dei fossi filtro o in alternativa dei manufatti di sedimentazione/disolazione (Figura 12 e Figura 13).

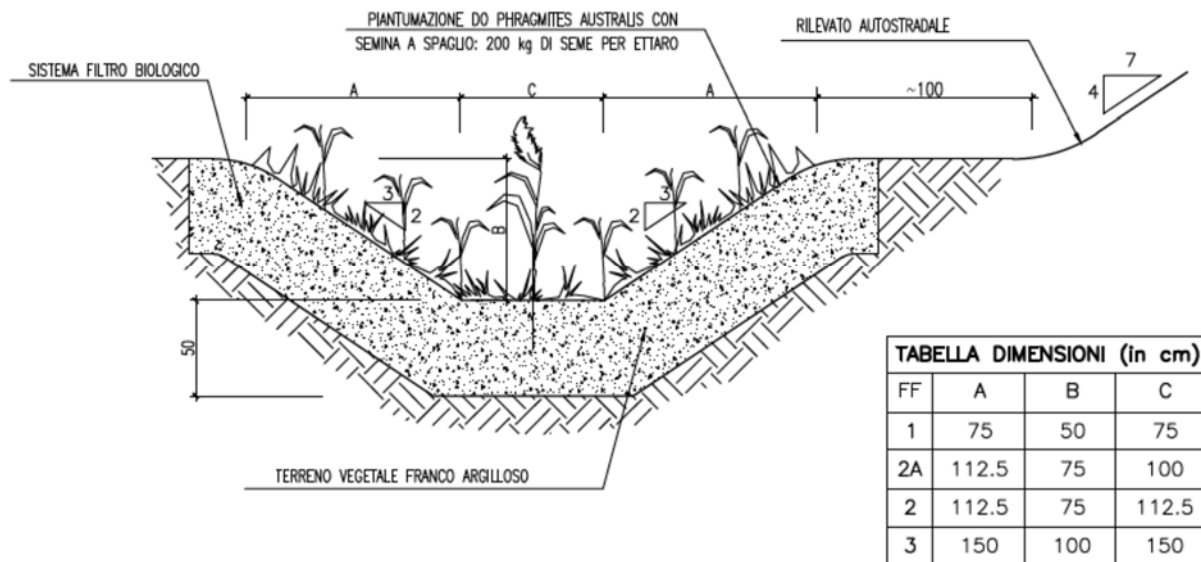


Figura 12 – Fosso filtro per il trattamento delle acque di piattaforma.

I fossi filtro sono inerbiti con particolari specie erbacee che favoriscono la sedimentazione, l'invaso e il trattamento delle acque di dilavamento. La copertura inerbita ha lo scopo di rallentare il flusso dell'acqua ed intercettare gli inquinanti che essa contiene. Il sistema consente un'efficace rimozione dei solidi sospesi, degli idrocarburi e risulta parzialmente efficace sulle sostanze disciolte. I principi di rimozione che intervengono in un biofiltro sono i seguenti:

- adsorbimento;
- bioassorbimento;
- sedimentazione;
- filtrazione.

Il ruolo della copertura vegetale è fondamentale per l'efficienza dei sistemi di biofiltrazione, in generale, le specie erbacee devono rispondere ai seguenti requisiti:

- adattarsi a condizioni di sommersione (con conseguente scarsa disponibilità di ossigeno nella zona radicale) e di aridità;
- ridurre sensibilmente il volume di acqua infiltrata, attraverso l'assorbimento radicale e la traspirazione fogliare;
- resistere all'inquinamento;
- favorire l'abbattimento di elementi tossici come metalli pesanti attraverso l'assorbimento;
- stabilizzare il substrato, prevenendone l'intasamento, attraverso lo sviluppo delle radici negli spazi vuoti;
- facilitare l'attecchimento e avere ridotta necessità di manutenzione.

L'efficienza dei biofiltri dipende da diversi fattori quali le condizioni climatiche, permeabilità e tipo di suolo, estensione dell'area servita, tipo e densità della vegetazione. Inoltre si deve provvedere ad azioni sistematiche (almeno una volta all'anno) di pulizia e di spurgo per evitare, da un lato l'interrimento e la conseguente riduzione della capacità di invaso, dall'altro che i materiali colloidali sedimentando sul fondo riducano la permeabilità e quindi l'efficienza drenante del fosso stesso.

In particolare per quanto riguarda i fossi biofiltranti si deve provvedere almeno ogni 10 anni alla completa asportazione e ripristino della copertura vegetale, destinando il materiale asportato alle discariche controllate.

Laddove non è possibile inserire dei fossi filtro per il trattamento delle acque di piattaforma si ricorre a dei sedimentatori/disoleatori costituiti da una vasca di decantazione ed una di separazione di idrocarburi dotato di filtro a coalescenza. Tali manufatti sono prefabbricati, conformi alle norme UNI-EN 858, e costituiti da vasche poste in serie. La prima è un pozzetto derivatore ed ha la funzione di deviare la portata in eccesso, non trattabile, e di mandarla a recapito. Il secondo pozzetto è costituito da un separatore fanghi e permette di separare, per sedimentazione, le particelle solide. Il terzo pozzetto contiene un separatore di oli a coalescenza ed è dotato di un sistema di sicurezza realizzato con un galleggiante, tale da interrompere il deflusso delle acque quando il livello dell'olio supera il limite massimo previsto. Tutti i bacini sono prefabbricati con pareti interne impermeabilizzate e dotati di coperchi di tipo carrabile muniti di botole per ispezione, conformi alle norme UNI-EN 124.

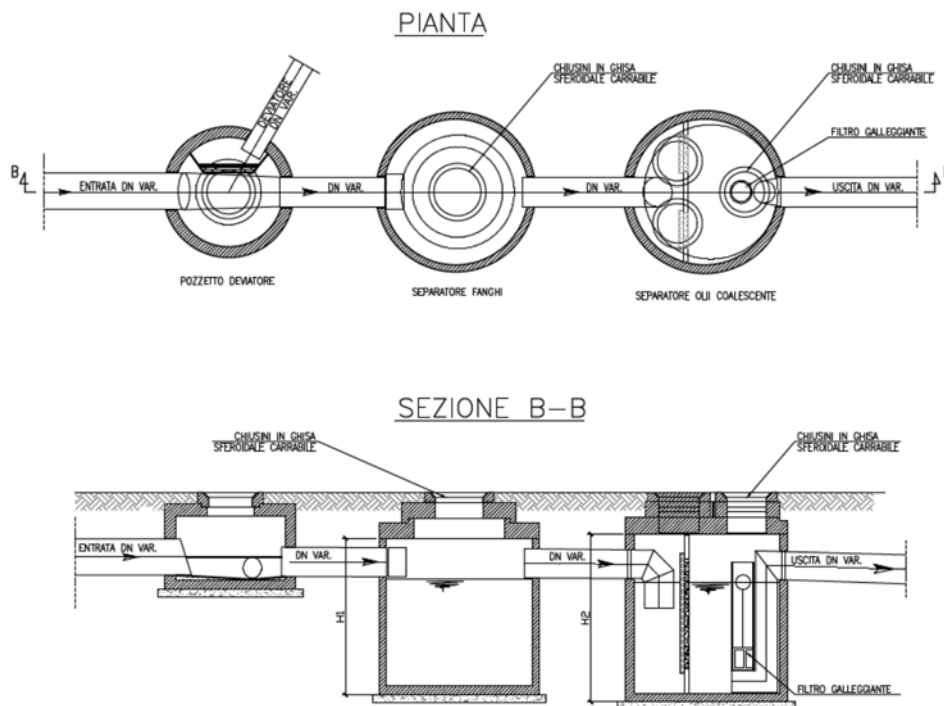


Figura 13 – Manufatto di sedimentazione/disoleazione prefabbricato.

Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è di fatto un "sistema chiuso", in quanto permette di ottenere una separazione delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma stradale da quelle esterne e garantisce la salvaguardia nei confronti dell'inquinamento di dilavamento della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali di sostanze inquinanti. Infatti tutte le acque della piattaforma sono convogliate verso fossi filtro o verso manufatti di sedimentazione/disoleazione.

I fossi filtro sono dotati di un apposito manufatto di controllo che garantisce un tirante idrico all'interno dei fossi per favorire la sedimentazione e incrementare l'azione di trattamento; inoltre in caso di sversamento accidentale il manufatto può essere chiuso tramite paratoie mobili e il fosso filtro essere isolato.



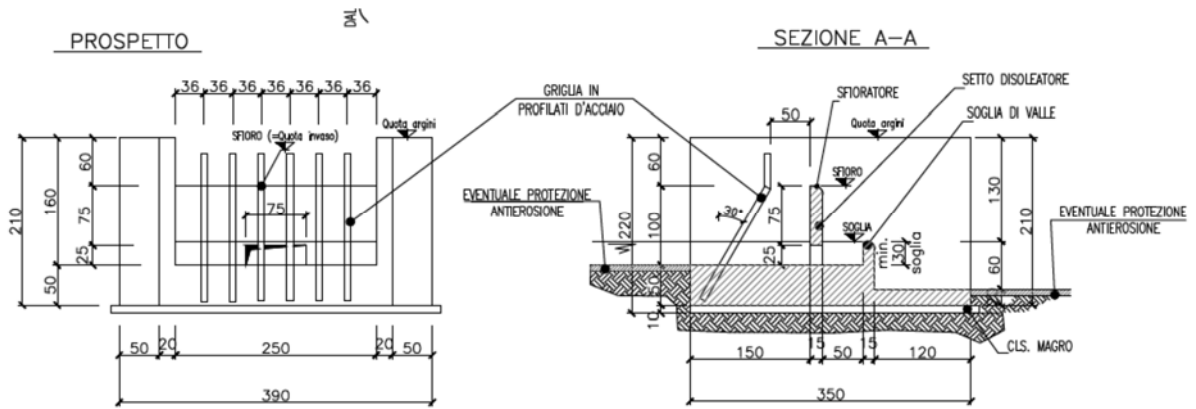


Figura 14 – Manufatto di controllo da adottarsi prima dell'immissione nei recapiti naturali esistenti.

## 6. Determinazione della capacità di smaltimento degli elementi di drenaggio

La determinazione della capacità di smaltimento di ciascuna opera è stata effettuata mediante l'espressione di Chezy:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{Ri}$$

dove:

$Q$  (m<sup>3</sup>/s) è la portata;

$A$  (m<sup>2</sup>) è l'area della sezione idraulica di deflusso;

$R$  (m) è il raggio idraulico;

$i$  (-) è la pendenza dell'opera.

Per il coefficiente di scabrezza  $\chi$ , viene adottata l'espressione di Gauckler - Strickler:

$$\chi = (K_s) \cdot R^{1/6}$$

dove  $K_s$  rappresenta la scabrezza del manufatto, posta pari a 60 m<sup>1/3</sup>/s per superfici in cls, 80 m<sup>1/3</sup>/s per superfici materiale plastico quali PP, PEAD e PRFV, 33 m<sup>1/3</sup>/s per i fossi inerbiti e 17 m<sup>1/3</sup>/s per i fossi filtro.

Mediante le formulazioni sopra descritte, procedendo con un calcolo iterativo, è stato possibile definire gli sviluppi massimi di sufficienza in funzione della pendenza longitudinale di ciascuna opera.

### Fossi di guardia inerbiti

La tipologia dei fossi inerbiti prevede le due dimensioni evidenziate in Figura 15.

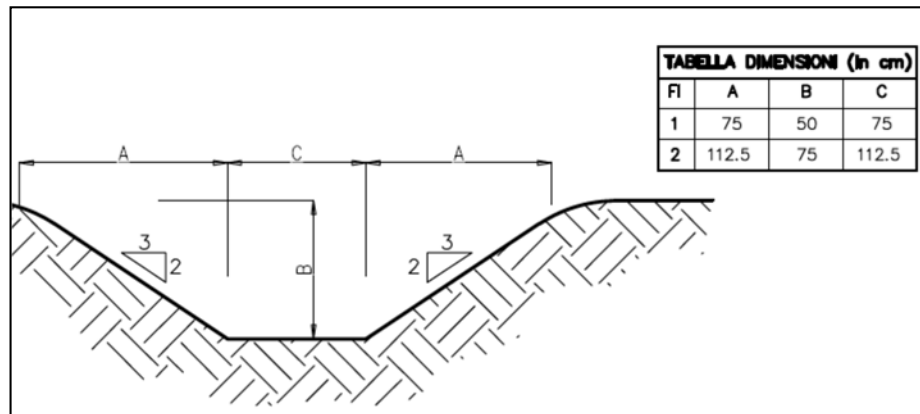


Figura 15 – Fossi di guardia inerbiti.

La scala di deflusso, che evidenzia la capacità di smaltimento di tali elementi considerando un grado di riempimento dell'80% e assumendo diverse pendenze longitudinali, è riportata nelle Tabella 2 e 3.

Tabella 2 – Capacità idraulica di smaltimento dei Fossi F11.

Pendenza longitudinale fosso	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Larghezza base minore		[m]	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Pendenza lati [1 V : z H]		[/]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tirante massimo ammesso nel fosso	h <sub>max</sub>	[m]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Velocità media	V	[m/s]	0.41	0.58	0.71	0.82	0.92	1.00	1.08	1.16	1.23	1.30	1.59	1.83	2.05	2.25	2.43	2.59
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.221	0.313	0.384	0.443	0.495	0.542	0.586	0.626	0.664	0.700	0.858	0.990	1.107	1.213	1.310	1.400

Tabella 3 – Capacità idraulica di smaltimento dei Fossi F12.

Pendenza longitudinale fosso	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Larghezza base minore		[m]	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125
Pendenza lati [1 V : z H]		[/]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tirante massimo ammesso nel fosso	h <sub>max</sub>	[m]	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Velocità media	V	[m/s]	0.54	0.76	0.93	1.07	1.20	1.32	1.42	1.52	1.61	1.70	2.08	2.40	2.69	2.94	3.18	3.40
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.653	0.923	1.131	1.306	1.460	1.599	1.727	1.847	1.959	2.065	2.529	2.920	3.264	3.576	3.862	4.129

## Fossi di guardia rivestiti

La tipologia dei fossi rivestiti prevede le tre dimensioni evidenziate in Figura 16.

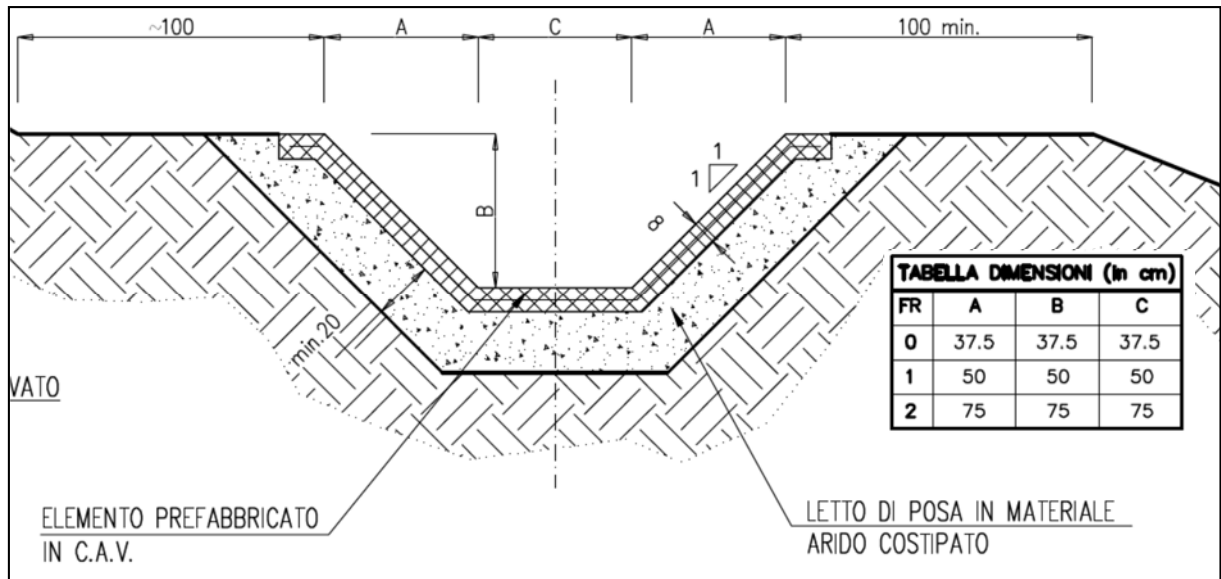


Figura 16 – Fossi di guardia rivestiti.

La scala di deflusso, che evidenzia la capacità di smaltimento di tali elementi considerando un grado di riempimento dell'80% e assumendo diverse pendenze longitudinali, è riportata nelle Tabella 4, 5 e 6.

Tabella 4 – Capacità idraulica di smaltimento dei Fossi FR0.

Pendenza longitudinale fosso	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375
Larghezza base minore		[m]	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375
Pendenza lati [1 V : z H]		[/]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tirante massimo ammesso nel fosso	h <sub>max</sub>	[m]	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Velocità media	V	[m/s]	0.57	0.81	0.99	1.14	1.28	1.40	1.51	1.62	1.72	1.81	2.22	2.56	2.86	3.13	3.38	3.62
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.116	0.164	0.201	0.232	0.259	0.284	0.306	0.328	0.347	0.366	0.449	0.518	0.579	0.634	0.685	0.733

Tabella 5 – Capacità idraulica di smaltimento dei Fossi FR1.

Pendenza longitudinale fosso	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Larghezza base minore		[m]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Pendenza lati [1 V : z H]		[/]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tirante massimo ammesso nel fosso	h <sub>max</sub>	[m]	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Velocità media	V	[m/s]	0.69	0.98	1.20	1.39	1.55	1.70	1.83	1.96	2.08	2.19	2.68	3.10	3.46	3.79	4.10	4.38
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.249	0.353	0.432	0.499	0.558	0.611	0.660	0.706	0.748	0.789	0.966	1.115	1.247	1.366	1.476	1.578

Tabella 6 – Capacità idraulica di smaltimento dei Fossi FR2.

Pendenza longitudinale fosso	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Larghezza base minore		[m]	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Pendenza lati [1 V : z H]		[/]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tirante massimo ammesso nel fosso	h <sub>max</sub>	[m]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Velocità media	V	[m/s]	0.91	1.28	1.57	1.82	2.03	2.22	2.40	2.57	2.72	2.87	3.52	4.06	4.54	4.97	5.37	5.74
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.735	1.040	1.274	1.471	1.644	1.801	1.946	2.080	2.206	2.326	2.848	3.289	3.677	4.028	4.351	4.651

## Fossi filtro

Le tipologie dei fossi rivestiti prevede le tre dimensioni evidenziate in Figura 17.

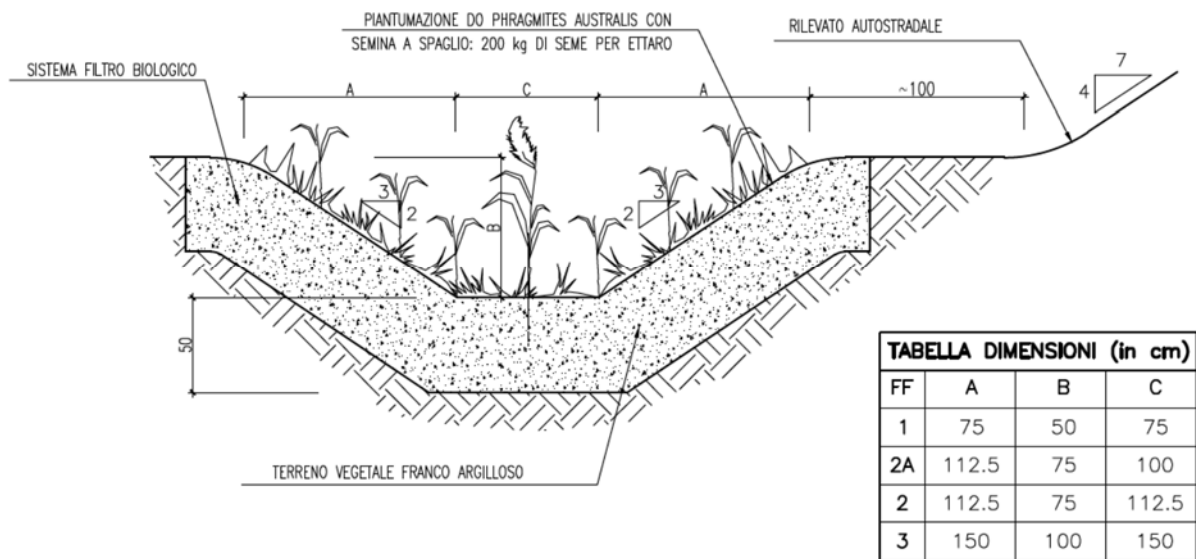


Figura 17 – Fossi filtro.

La scala di deflusso, che evidenzia la capacità di smaltimento di tali elementi considerando un grado di riempimento dell'80% e assumendo diverse pendenze longitudinali, è riportata nelle Tabella 7, 8, 9 e 10.



Tabella 7 – Capacità idraulica di smaltimento dei Fossi FF1.

Pendenza longitudinale fosso	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Larghezza base minore		[m]	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Pendenza lati [1 V : z H]		[/]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tirante massimo ammesso nel fosso	h <sub>max</sub>	[m]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Velocità media	V	[m/s]	0.21	0.30	0.37	0.42	0.47	0.52	0.56	0.60	0.63	0.67	0.82	0.94	1.06	1.16	1.25	1.34
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.114	0.161	0.198	0.228	0.255	0.279	0.302	0.323	0.342	0.361	0.442	0.510	0.570	0.625	0.675	0.721

Tabella 8 – Capacità idraulica di smaltimento dei Fossi FF2A.

Pendenza longitudinale fosso	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Larghezza base minore		[m]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pendenza lati [1 V : z H]		[/]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tirante massimo ammesso nel fosso	h <sub>max</sub>	[m]	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Velocità media	V	[m/s]	0.27	0.39	0.47	0.54	0.61	0.67	0.72	0.77	0.82	0.86	1.05	1.22	1.36	1.49	1.61	1.72
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.310	0.439	0.538	0.621	0.694	0.760	0.821	0.878	0.931	0.981	1.202	1.388	1.552	1.700	1.836	1.963

Tabella 9 – Capacità idraulica di smaltimento dei Fossi FF2.

Pendenza longitudinale fosso	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Larghezza base minore		[m]	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125
Pendenza lati [1 V : z H]		[/]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tirante massimo ammesso nel fosso	h <sub>max</sub>	[m]	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Velocità media	V	[m/s]	0.28	0.39	0.48	0.55	0.62	0.68	0.73	0.78	0.83	0.88	1.07	1.24	1.38	1.52	1.64	1.75
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.336	0.476	0.583	0.673	0.752	0.824	0.890	0.951	1.009	1.064	1.303	1.504	1.682	1.842	1.990	2.127

Tabella 10 – Capacità idraulica di smaltimento dei Fossi FF3.

Pendenza longitudinale fosso	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Larghezza base minore		[m]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Pendenza lati [1 V : z H]		[/]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tirante massimo ammesso nel fosso	h <sub>max</sub>	[m]	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Velocità media	V	[m/s]	0.34	0.47	0.58	0.67	0.75	0.82	0.89	0.95	1.01	1.06	1.30	1.50	1.68	1.84	1.98	2.12
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.724	1.024	1.255	1.449	1.620	1.774	1.916	2.049	2.173	2.290	2.805	3.239	3.622	3.967	4.285	4.581

## Collettori circolari

I collettori utilizzati in materiale plastico sono in PEAD o in PP o in PRFV (solo per i ponti). Per quanto riguarda l'autostrada, vengono utilizzati dei collettori in PEAD (Polietilene ad alta densità) SN 8 kN/m<sup>2</sup> conformi alla norma UNI 10968 (Pr EN 13476-1) per i tubi che scorrono longitudinalmente alla viabilità, mentre collettori in PP (Polipropilene) SN 16 kN/m<sup>2</sup> secondo EN ISO 9969, conformi alla norma UNI 10968, per gli attraversamenti trasversali. Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia dei tratti di collettore, si è posto pari a 50 m l'interasse massimo tra due pozzetti.

Per le verifiche idrauliche si sono considerati i diametri interni per il PEAD e il PP come da tabella sottostante:

DN	Spessore	Raggio interno
(mm)	(mm)	(mm)
400	26.5	173.5
500	33.5	216.5
630	47.5	267.5
800	61	339
1000	74	426
1200	85	515

Per il PRFV si adotta il diametro di 400 mm le cui dimensioni interne sono pari al diametro nominale.

Per le verifiche idrauliche è stato assunto un riempimento massimo dell'80%.

Di seguito si riportano le capacità di smaltimento idraulico per le diverse tubazioni e assumendo diverse pendenze longitudinali.

Tabella 11 – Capacità idraulica di smaltimento della tubazione di DN 400 mm.

Pendenza longitudinale condotto	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Diametro	D	[m]	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347
Area bagnata	A	[m <sup>2</sup> ]	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081
Contorno bagnato	C	[m]	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768
Tirante massimo ammesso nel condotto	h <sub>max</sub>	[m]	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Velocità media	V	[m/s]	0.57	0.80	0.98	1.13	1.26	1.38	1.49	1.60	1.70	1.79	2.19	2.53	2.83	3.09	3.34	3.57
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.046	0.065	0.079	0.092	0.102	0.112	0.121	0.130	0.137	0.145	0.177	0.205	0.229	0.251	0.271	0.290

Tabella 12 – Capacità idraulica di smaltimento della tubazione di DN 500 mm.

Pendenza longitudinale condotto	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Diametro	D	[m]	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433
Area bagnata	A	[m <sup>2</sup> ]	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126
Contorno bagnato	C	[m]	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959
Tirante massimo ammesso nel condotto	h <sub>max</sub>	[m]	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Velocità media	V	[m/s]	0.65	0.93	1.13	1.31	1.46	1.60	1.73	1.85	1.96	2.07	2.54	2.93	3.27	3.59	3.87	4.14
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.083	0.117	0.143	0.165	0.185	0.203	0.219	0.234	0.248	0.262	0.320	0.370	0.414	0.453	0.489	0.523

Tabella 13 – Capacità idraulica di smaltimento della tubazione di DN 630 mm.

Pendenza longitudinale condotto	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Diametro	D	[m]	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535	0.535
Area bagnata	A	[m <sup>2</sup> ]	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193
Contorno bagnato	C	[m]	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185
Tirante massimo ammesso nel condotto	h <sub>max</sub>	[m]	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Velocità media	V	[m/s]	0.75	1.07	1.31	1.51	1.69	1.85	2.00	2.13	2.26	2.38	2.92	3.37	3.77	4.13	4.46	4.77
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.145	0.206	0.252	0.291	0.325	0.356	0.385	0.411	0.436	0.460	0.563	0.650	0.727	0.796	0.860	0.919

Tabella 14 – Capacità idraulica di smaltimento della tubazione di DN 800 mm.

Pendenza longitudinale condotto	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Diametro	D	[m]	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678	0.678
Area bagnata	A	[m <sup>2</sup> ]	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310
Contorno bagnato	C	[m]	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501	1.501
Tirante massimo ammesso nel condotto	h <sub>max</sub>	[m]	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Velocità media	V	[m/s]	0.88	1.25	1.53	1.77	1.97	2.16	2.34	2.50	2.65	2.79	3.42	3.95	4.42	4.84	5.22	5.59
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.273	0.387	0.474	0.547	0.611	0.670	0.723	0.773	0.820	0.865	1.059	1.223	1.367	1.498	1.618	1.729

Tabella 15 – Capacità idraulica di smaltimento della tubazione di DN 1000 mm.

Pendenza longitudinale condotto	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Diametro	D	[m]	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852
Area bagnata	A	[m <sup>2</sup> ]	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489	0.489
Contorno bagnato	C	[m]	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887
Tirante massimo ammesso nel condotto	h <sub>max</sub>	[m]	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Velocità media	V	[m/s]	1.03	1.45	1.78	2.06	2.30	2.52	2.72	2.91	3.09	3.25	3.98	4.60	5.14	5.63	6.08	6.50
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.503	0.711	0.871	1.006	1.124	1.232	1.330	1.422	1.508	1.590	1.947	2.249	2.514	2.754	2.975	3.180

Tabella 16 – Capacità idraulica di smaltimento della tubazione di DN 1200 mm.

Pendenza longitudinale condotto	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Diametro	D	[m]	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030
Area bagnata	A	[m <sup>2</sup> ]	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715
Contorno bagnato	C	[m]	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281
Tirante massimo ammesso nel condotto	h <sub>max</sub>	[m]	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Velocità media	V	[m/s]	1.17	1.65	2.02	2.33	2.61	2.86	3.09	3.30	3.50	3.69	4.52	5.22	5.84	6.39	6.90	7.38
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.834	1.179	1.444	1.668	1.865	2.043	2.206	2.359	2.502	2.637	3.230	3.730	4.170	4.568	4.934	5.274

Tabella 17 – Capacità idraulica di smaltimento della tubazione di DN 400 mm in PRFV.

Pendenza longitudinale condotto	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Diametro	D	[m]	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
Area bagnata	A	[m <sup>2</sup> ]	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	
Contorno bagnato	C	[m]	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	
Tirante massimo ammesso nel condotto	h <sub>max</sub>	[m]	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
Grado riempimento [h <sub>uniforme</sub> /h <sub>max</sub> ]		[%]	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	
Franco idraulico di sicurezza		[m]	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
Velocità media	V	[m/s]	0.62	0.88	1.08	1.24	1.39	1.52	1.64	1.76	1.86	1.96	2.41	2.78	3.11	3.40	3.68	
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.067	0.095	0.116	0.134	0.150	0.164	0.177	0.189	0.201	0.212	0.259	0.299	0.335	0.367	0.396	

## Cunetta triangolare

Le cunette triangolari sono di due tipologie, secondo lo schema rappresentato nella Figura seguente.

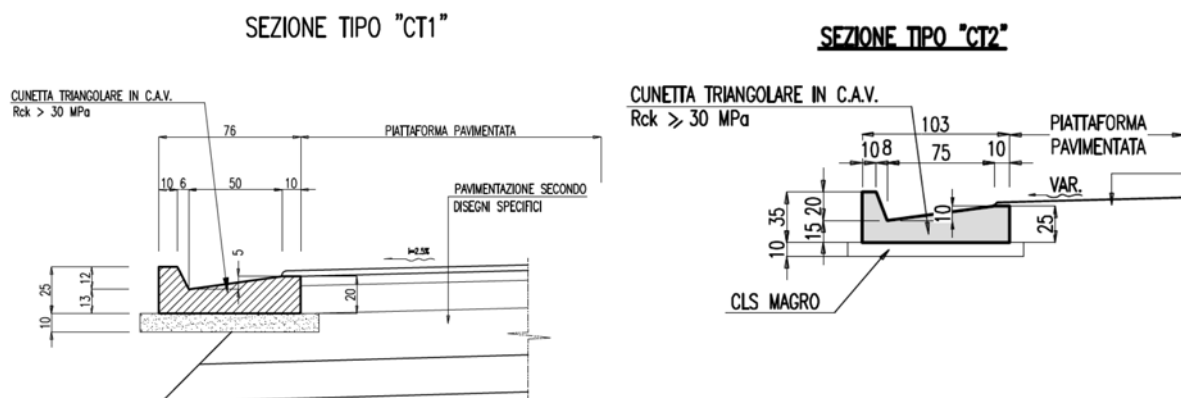


Figura 18 – Cunette triangolari.

Sulle cunette saranno posizionate delle caditoie in grado di smaltire l'acqua verso il collettore sottostante. L'interasse minimo delle caditoie è stato fissato pari a 25 m mentre l'interasse massimo pari a 50 m, a prescindere dalla pendenza longitudinale, al fine di consentire le future operazioni di manutenzione.

Per il calcolo dell'efficienza della caditoia possono essere utilizzati i risultati ottenuti dalla John Hopkins University, in parte riportati da Stephenson [*Stephenson, 1981 Developments in Water Science, 14 – Stormwater Hydrology and Drainage*]. Essi fanno riferimento alla teoria delle correnti a caduta libera, la cui validità fu provata anche con salti muniti di barre longitudinali. Nel caso di derivazione totale si ha:

$$Q = 0,417 \cdot L \cdot h^2 \cdot g^{0,5} \cdot \left( h - \frac{W}{\operatorname{tg} \vartheta} \right)^{-0,5}$$

in cui  $L$  è la lunghezza della caditoia,  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $W$  è la larghezza della caditoia,  $h$  è il carico idraulico e  $\vartheta$  è l'angolo tra la piattaforma e la verticale.

Il carico idraulico massimo è fissato in 0.05 m per la cunetta tipo CT1 e 0.10 m per la cunetta tipo CT2.

Di seguito si riportano le Tabelle contenenti le capacità idrauliche per le due tipologie di cunette.

Sistema di drenaggio - Relazione idrologico idraulica	Pagina 39 di 42
IDR100	



Tabella 18 – Capacità idraulica di smaltimento della cunetta CT1.

Pendenza longitudinale	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.002	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013

Tabella 19 – Capacità idraulica di smaltimento della cunetta CT2.

Pendenza longitudinale	i	[/]	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040
Altezza max sezione	H <sub>max</sub>	[m]	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Coeff. scabrezza Strickler	ks	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Portata smaltibile	Q	[m <sup>3</sup> /s]	0.010	0.014	0.017	0.019	0.021	0.023	0.025	0.027	0.029	0.030	0.037	0.043	0.048	0.052	0.057	0.061

## Embrici

La raccolta delle acque in rilevato è affidata alle canalizzazioni di embrici posti sulle scarpate del rilevato che scaricano le acque raccolte verso i fossi di guardia posti al piede dello stesso. Per la determinazione degli interassi degli embrici è stata calcolata la lunghezza massima di sufficienza in funzione della pendenza longitudinale del canale di bordo triangolare che si forma tra la piattaforma e il cordolo, fissando una larghezza massima impegnata dal canale di bordo pari a 1.5 m e una pendenza trasversale del 2.5%.

L'interasse minimo assegnato è stato fissato pari a 7 m mentre quello massimo pari a 20 m, a prescindere dalla pendenza longitudinale.

<i>Pendenza longitudinale</i>	<i>Larghezza (m)</i>	<i>Interasse (m)</i>	<i>Tc (ore)</i>	<i>A totale (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Coeff. Deflusso</i>	<i>Intensità pioggia (mm/ora)</i>	<i>Qmax smaltibile (m<sup>3</sup>/s)</i>
0.001	12	7	0.117	84	1	168.6	0.0039
0.002	12	10	0.117	120	1	168.6	0.0056
0.003	12	12	0.117	144	1	168.6	0.0067
0.004	12	14	0.117	168	1	168.6	0.0079
0.005	12	15	0.117	180	1	168.6	0.0084
0.006	12	17	0.117	204	1	168.6	0.0096
0.007	12	18	0.117	216	1	168.6	0.0101
0.008	12	19	0.117	228	1	168.6	0.0107
0.009	12	20	0.117	240	1	168.6	0.0112
0.010	12	22	0.117	264	1	168.6	0.0124
0.011	12	23	0.117	276	1	168.6	0.0129
0.012	12	24	0.117	288	1	168.6	0.0135
0.013	12	25	0.117	300	1	168.6	0.0140
0.014	12	26	0.117	312	1	168.6	0.0146

Per il calcolo dell'efficienza dell'embrice è opportuno riferirsi a risultati sperimentali. In particolare è stata utilizzata la formulazione ottenuta da Mcghee T. J. (1991) Water Supply and Sewerage, McGraw - Hill. La portata Q intercettata da un'apertura di lunghezza L, con tirante idrico h e depressione a, può essere ricavata dalla seguente relazione:

$$Q = L \cdot 0.39 / h \cdot [(a + h)^{5/2} - a^{5/2}]$$

Nel caso in esame, assumendo  $h$  pari a 0.10 m,  $a$  pari a 0.03 m ed  $L$  pari a 1.2 m si ottiene una portata pari a 27 l/s e quindi compatibile, essendo superiore, con le portate precedentemente calcolate.